动 物 学 研 究 2005, Oct. 26 (5): 473-478 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

基于GIS的陕西蝗虫地理分布及区划分析

白 义[1], 周自翔[2], 许升全[1,*]
(1. 陕西师范大学 生命科学学院, 陕西 西安 710062; 2. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 运用GIS (地理信息系统) 技术研究陕西蝗虫物种地理分布及区划。以593个 (0.2°×0.2°) 经纬网格单元统计蝗虫物种数, 并采用多元分析的分层聚类方法进行聚类分析。结果表明: 陕南山地蝗虫物种丰富度总体高于秦岭以北地区, 陕西最北部的鄂尔多斯高原蝗虫丰富度高于陕北黄土高原。当相关性系数为0.538时, 593个蝗虫地理分布单元聚类为9个单元组, 该聚类结果与陕西自然环境区划基本相似, 但秦岭山地被聚为两类, 即秦岭南坡与秦岭北坡; 商南丘陵从秦岭山地分出; 安康地区与巴山山地聚为一类; 巴山与米仓山被聚为并列的两组。该聚类结果表明陕西蝗虫的地理分布与自然环境密切相关, 其分布格局表现出明显的地带性, 陕西多样化的地貌特征和气候类型, 是形成蝗虫物种多样化的主要原因。

关键词: 陕西; 蝗虫; GIS; 聚类分析; 分布格局
中图分类号: Q959.174; Q75 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-5853 (2005) 05-0473-06

Distribution and Geographic Division of Grasshopper in Shaanxi Based on GIS Techniques

BAI Yi[1], ZHOU Zi-xiang[2], XU Sheng-quan[1,*]
(1. *College of Life Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;*
2. *College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China*)

Abstract: This paper deals with the distribution and geographic division of grasshopper in Shaanxi province using GIS (geographic information system) techniques. 593 longitude and latitude grid cells (0.2°×0.2°) were used to count the species number of grasshopper and multi-analysis hierarchical cluster method was used in the cluster analysis. The results showed (1) the number of grasshopper species of southern Shaanxi are greater than that of the rest of Shaanxi, and the number of grasshopper species of Ordos Plateau are greater than that of Loess Plateau of northern Shaanxi. The 593 distributional units are clustered into 9 groups with proximity coefficients of 0.538 which resembles the physical division of Shaanxi. However, there are some differences in the distributional units as follows: Qinling mountain is divided into a southern and northern slope; Shangnan Hill is separated from Qinling Mountain; Ankang Area and Bashan Mountain from a single cluster of one group; Bashan Mountain and Micang Mountain are clustered into two paratactic groups. The cluster results also showed that there is a close relation between the geographic distribution of grasshopper in Shaanxi and its environment, and the distribution pattern of grasshopper has obvious zone differences. We conclude that the diversification of the geography and climate types of Shaanxi are the main reasons of the diversification of grasshopper species.

Key words: Shaanxi; Grasshopper; GIS; Cluster analysis; Distribution pattern

陕西省地处中国内陆, 境内环境条件复杂, 物种资源丰富 (Nie, 1980)。分布有蝗虫种类104种, 属于9科56属。郑哲民根据陕西自然环境区划 (Nie, 1980) 将陕西蝗虫划分为7个分布区 (Zheng & Xu, 1990) 并研究了各区蝗虫的物种分布和区系。刘缠民 (Liu & Lian, 2004) 对太白山地区蝗虫垂直地带分布规律做了研究。刘晓英研究了陕北沙化环境中蝗虫物种的分布状况 (Liu, 2003)。但这些工作要么从环境角度出发, 要么以局部研究为主, 未能从蝗虫自身分布特点出发, 对

收稿日期: 2005-03-08; 接受日期: 2005-05-17
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30307170)); 陕西师范大学2005年研究生培养创新基金
* 通讯作者 (*Corresponding author*), E-mail: *xushengquan@snnu.edu.cn*

陕西蝗虫的地理分布规律做系统研究。

以往学者对动物地理分布规律的研究主要依据区划单元或行政单元，进行聚类分析（Pan et al, 1985; Jiang, 1999; Xu et al, 2004）。这对于研究动物地理区划特征不失为一种有效的方法。对于省级以下的区划单元和行政单元，主要考虑当地的综合自然因素（Yin et al, 2003; Zheng & Fu, 1999）划分出若干区划或行政单元，以此作为物种分布单元很难从物种自身分布特征出发研究物种分布规律，且各单元面积不同，难以统计各单元中的物种数。地理信息系统（geographic information system, GIS）是一种强有力的、广泛应用的地理分析手段和工具，但在动物地理区划研究中应用较少，目前仅有零星报道（Lei et al, 2002; Zhou et al, 2002; Gerald, 1999）。运用 GIS 的空间数据管理和叠加分析功能，在物种分布记录的基础上，叠加相关的地理环境因素，将突破传统的限制，获得较为准确的物种分布信息（Zhou et al, 2000; Li et al, 2004）。本文将基于 GIS 技术，探讨陕西蝗虫的地理分布规律并进行区划分析。

1 材料与方法

1.1 研究所属区域概况

陕西地处中国内陆，南有秦岭巴山山地，北为黄土高原，其间夹有渭河平原，境内自然环境复杂，景观多样。太白山地区海拔 3 000 m 以上，气候、植被垂直分异以及山地小气候特征明显。安康地区属于北亚热带气候特征，水热条件优越，区内有盆地、丘陵、山地 3 种地貌类型，地形复杂，且植被覆盖率较高。鄂尔多斯高原在气候特征上属于温带半干旱沙漠气候，区内大部分地区被沙层覆盖，干燥度在本省最高，年日照近 3 000 h。而位于陕西北部的延安（宝塔区）、黄龙和韩城等地森林覆盖率较高，均在 30%以上（Nie, 1980）。

1.2 分布数据的调查与整理

陕西蝗虫种类有 104 种，属于 9 科 56 属。其分布数据来源有两种，一种为文献记载（Zheng, 1985, 1990, 1996）；另一种为实地调查得到的蝗虫分布数据。采集记录有：2003 年 9—10 月，采集地：关中各县；2004 年 6 月，采集地：宁陕、柞水、商洛、商南、华阴、华县等地；7—8 月中旬，采集地：陕北各县；9 月初，采集地：宝鸡、凤县、留坝、略阳、宁强等地；9 月中旬，采集地：周至、佛坪、太白等地；10 月，采集地：汉中、南郑、镇巴、石泉、安康、旬阳、紫阳、镇坪、白河等地。

文献记录的蝗虫分布数据多以县或乡级行政区作为采集地点记录，缺乏详细的地理坐标。在借助 GIS 技术进行物种资料的整理时，以县或乡一级行政区划为基础进行地理坐标转换。实地调查得到的数据详细记录了蝗虫分布地的地理坐标。整理蝗虫地理分布数据建立蝗虫地理分布数据库。运用 GIS 软件（MAPGIS6.5）数据输入系统，将蝗虫地理分布数据库按坐标系统导入地理信息系统，运用叠加分析功能，通过地理坐标转换与陕西行政区图（提取陕西主要水系及部分行政区）叠加，得到蝗虫物种数字化分布图。

1.3 地理分布格局的研究

采用经纬网格 0.2°×0.2°对数字化蝗虫物种分布图进行网格化，获得 593 个地理分布单元以统计蝗虫物种分布数据（图 1）。将陕西行政区图数字化后，导入地理信息系统，与蝗虫数字化分布图及经纬网格叠加。通过数据库的查询功能，提取出 104 种蝗虫在 593 个地理单元中的分布信息，统计每个单元中的蝗虫物种数，并叠加到陕西行政区图，得陕西蝗虫地理分布格局图（图 1）。

1.4 区划的聚类分析

运用数据库的查询功能，提取 593 个地理单元中 104 种蝗虫的分布数据（有分布为 1，无分布为 0），得到关于 593 个地理单元的蝗虫分布矩阵，采用分层聚类分析（hierarchical cluster analysis）方法，对分布单元进行聚类分析（Zhou et al, 2002）得聚类图（图 2）。本文的聚类分析过程在 SPSS10.0 软件中完成，聚类方法采用类平均法，距离系数采用 Jaccard 系数。

在聚类分析中，593 个地理单元聚类得到的地理单元组编号依据相关性系数编列，相关性系数最小的两组用Ⅰ、Ⅱ表示，下一级用ⅠA、ⅠB、ⅡA、ⅡB，依此类推。将聚类得到的 9 个单元组与陕西行政区图叠加，得到陕西蝗虫分布区划图（图 3）。

2 结果与分析

2.1 陕西蝗虫地理分布规律

从图 1 可以看出，陕南山地蝗虫物种丰富度总体高于秦岭以北地区。陕西最北部的鄂尔多斯高原

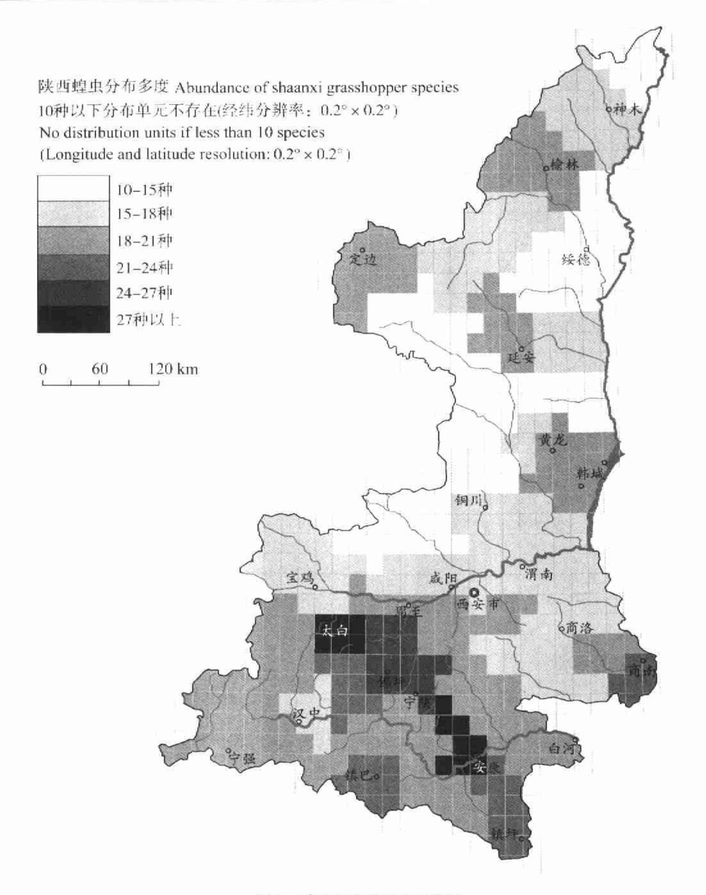


图 1　陕西蝗虫地理分布格局

Fig. 1　Geographical distribution pattern of grasshopper in Shaanxi

蝗虫物种丰富度高于陕北黄土高原。本省蝗虫物种丰富度最高的是太白、安康两个地区。此外，延安(宝塔区)、黄龙和韩城等地，蝗虫物种丰富度高于陕北黄土高原的其他地区。以上各区典型的地貌、气候、植被等地理环境特征区别于其他各区，是蝗虫物种丰富度较高的主要原因。

2.2　陕西蝗虫地理区划的聚类分析结果

从图 2 看，当相关系数为 0.538 时，将 593 个蝗虫地理分布单元聚类为 9 个单元组，进而当相关系数为 0.367 时，9 个单元组又聚为 3 组，最后当相关系数为 0.246 时，3 个单元组再聚为 2 组。

当聚为 9 组时，9 个分布单元组分别是：Ⅰ Aa1：秦岭南坡；Ⅰ Aa2：秦岭北坡；Ⅰ Ab：米仓山山地；Ⅰ Ac：汉中盆地；Ⅰ Ba：商州地区；Ⅰ Bb：巴山山地；Ⅱ Aa：渭河平原；Ⅱ Ab：黄土高原；Ⅱ B：鄂尔多斯高原。

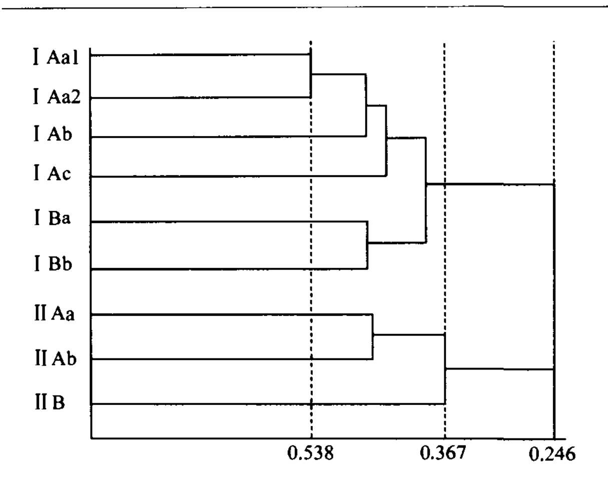


图 2 陕西蝗虫地理单元聚类分析树状图（9个单元组）

Fig. 2 Dendrogram of distributional units of grasshopper in Shaanxi (9 groups)

聚类方法为类平均法，9个组由相关的亚组在相似性系数为0.538处合并所得（Cluster method was average linkage between two groups. 9 groups resulted from putting the subgroups together with proximity coefficients 0.538）。

9个单元组各自代表的地理单元如下（The 9 groups in the geographical units are as follows）：I Aa1：秦岭南坡（South slope of Qinling）；I Aa2：秦岭北坡（North slope of Qinling）；I Ab：米仓山山地（Micang Mountain）；I Ac：汉江谷地（Hanjiang Valley）；I Ba：商南丘陵（Shangnan Hill）；I Bb：巴山山地（Bashan Mountain）；II Aa：渭河平原（Weihe Plain）；II Ab：陕北黄土高原（Loess Plateau of northern Shaanxi）；II B：鄂尔多斯高原（Ordos Plateau）。

当聚为3组时，3个分布单元组分别为：秦巴山区、陕北黄土高原与渭河平原和鄂尔多斯高原。

当聚为2组时，2个分布单元组分别为：古北界的陕北、关中地区与东洋界的秦巴山区。当相关系数为0.538时，聚类结果与陕西地理区划（Nie, 1980）相似，但有所不同。其中将秦岭山地分为秦岭南坡与北坡；商州南部地区被聚为独立的一支，相关系数接近巴山山地；而巴山山地与安康地区聚为一类；此外，巴山山地区别于米仓山山地，被聚为不同的两支。

对于活动范围有限的蝗虫而言，秦岭起着天然屏障作用，使秦岭南北蝗虫物种成分有显著差异。同属于山地地貌的米仓山山地，在聚类过程中与秦岭山地聚为并列的两类，表明蝗虫物种成分的差异程度。汉江谷地特殊的地理环境区别于巴山、米仓山及秦岭山地，则聚类分析中，聚为与秦岭、米仓山并列的另一类。商南地区与巴山山地首先聚为一类，再与米仓山等地聚为并列的两类。同时渭河平原与陕北黄土高原首先聚为一类，再与鄂尔多斯高原聚类，成为与陕南山地并列的两组。由于秦岭以北地区蝗虫物种以古北界种居多，秦岭以南蝗虫物种以东洋界种为主（Zheng & Xu, 1990），因此在聚类结果中秦岭南北聚为并列的两大组。

在相关性系数为0.246时，陕西蝗虫地理分布单元被分为两类，即秦岭以南的东洋界种与秦岭以北的古北界种，聚类结果与中国生物地理区划（Xie & Li, 2002）相符。这说明尽管物种由于自身特点，其组成成分受小地域、小气候的影响而表现出特有的分布规律，但这种分布仍遵循高级区划单元的划分结果（Xie & Li, 2002）。

3 讨 论

3.1 陕西蝗虫的分布规律

陕西蝗虫的分布既遵循动物地理的高级区划规律，又有其自身特点。物种的分布格局一方面体现该物种分布对自然环境的适应性；另一方面也体现物种发展的历史渊源。对于蝗虫而言，其自身的特点（飞翔能力差，活动范围有限）决定其对环境的依赖性较大，因此其分布格局表现出明显的地带性。图1表明，由南往北，随着暖湿气候的减弱，植被的减少，蝗虫物种丰富度也呈降低趋势。将聚类分析结果与陕西自然环境区划（Nie, 1980）对照发现，商南丘陵并没有与秦岭山地划分为一类，而是与巴山山地划为相似性系数较近的一类，这与其丘陵地貌以及湿热的气候有关。巴山与米仓山划分为两类，由于两地在植被、气候以及降水等地理环境因素方面均有不同（Nie, 1980），两地蝗虫物种成分也因此形成差异。安康地区从汉江谷地分出，与巴山划为一类，由于两地在地理上毗邻，气候上相似，物种的差异也因此减少，在聚类分析中被聚为一类。当然，蝗虫的某种分布规律总是由多因素决定的，对于其中更可靠的原因，有待进一步探讨。

3.2 陕西蝗虫物种多样化的主要原因

多样化的地貌特征和气候类型，是形成蝗虫物种多样化的主要原因。图1表明长城沿线以北的鄂尔多斯高原蝗虫种类较丰富，根据《陕西蝗虫》（Zheng & Xu, 1990）记载，此区蝗虫古北区系种占72.8%，未发现东洋界种。结合其地理环境特点，该区属于风沙地貌，终年干旱少雨，植被稀少，光照充足，干燥度较高，其独特的地理环境正适合于在西北干燥环境下生活的蝗虫生存。陕北高原的延安（宝塔区）、黄龙和韩城等地植被覆盖率

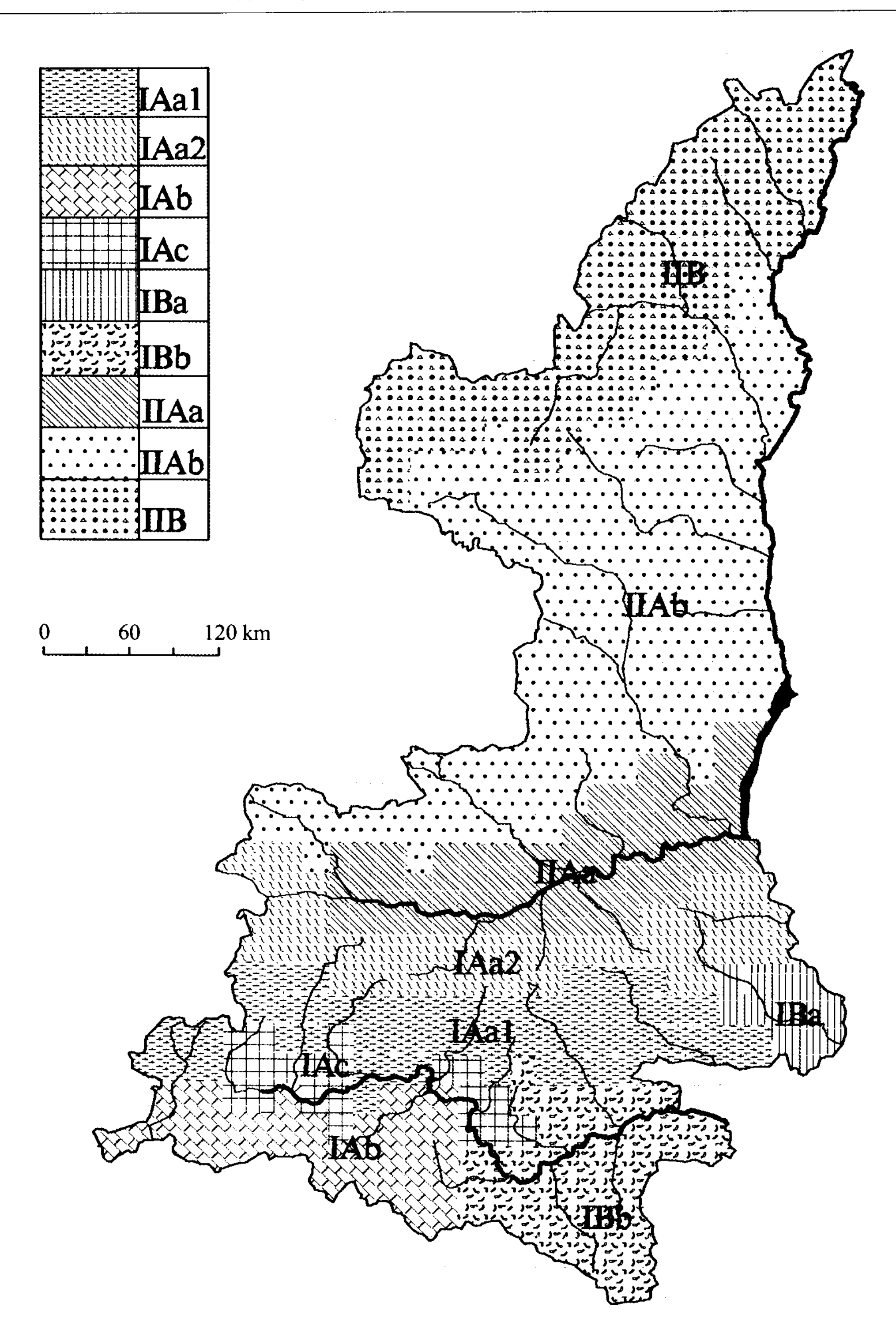


图 3 陕西蝗虫分布单元组（9个单元组）

Fig. 3 Groups of distributional units of grasshopper in Shaanxi (9 groups)

9个单元组各自代表的地理单元同图2（The 9 groups in the geographical units are the same with Fig. 2）。

较高，气候较暖湿，呈现明显的“气候岛”特征，从图1蝗虫分布状况看，延安（宝塔区）、黄龙和韩城等地蝗虫物种丰富度高于陕北黄土高原其他地区。关中平原在构造上是一个地堑盆地，气候为半湿润的平原气候，植被以人工植被为主（Nie, 1980），蝗虫物种成分也因此区别于陕北高原与秦

岭山地。陕南山地是陕西境内海拔高度最大的地区，区内地貌复杂，导致小气候地域差异很大。太白山地海拔较高使得此区气候垂直分异特征明显，安康地区多样化的地貌（山地、丘陵、盆地）形成多样化的小气候特征，米仓山和巴山山地区气候亦有其自身的特点。总体上陕南山地地貌复杂、气候多样，具有优越的水热条件，较高的植被覆盖率，是此区蝗虫物种多样化的主要原因。在聚类分析中，陕南山地被聚为若干类，体现了各区蝗虫物种的差异程度。

3.3 人类活动对陕西蝗虫物种组成的影响

在聚类分析中，关中平原与汉江谷地都被聚为独立的两支。一方面，由于两地都属于平原地形，蝗虫物种以适应平原农业地理环境的物种为主。另一方面，人类的活动也影响着蝗虫的物种成分。

关中平原蝗虫物种以古北界种类为主（Zheng & Xu，1990)，此区自古以来为农业集中区，除栽培树种和田间杂草外，自然植被已不可见（Nie，1980)。这为以危害农作物为主的蝗虫物种提供了良好的栖息环境，蝗虫种类成分因人类介入而改变。汉江谷地蝗虫物种以东洋界种类占优势(Zheng & Xu，1990)。随着天然植被的破坏，河谷盆地大部分被开辟为农田，许多蝗虫成为农田中的主要害虫，人化环境改变了蝗虫的物种成分。

参考文献：

Gerald R. 1999. GIS analysis of the biogeography of beetles of the subgenus *Anisodactylus* (Insecta: Coleoptera: Carabidae: Genus Anisodactylus) [J]. *Journal of Biogeography*, **26**: 1147-1160.

Jiang GF. 1999. Acridoidea of Guangxi region Ⅱ: Geographic division of Acridoidea [J]. *Guangxi Sciences*, **6** (1): 59-62. [蒋国芳. 1999. 广西蝗虫研究Ⅱ：蝗虫的地理区划. 广西科学，**6** (1): 59-62.]

Lei FM, Lu JL, Liu Y, Qu YH, Yin ZH. 2002. Endemic bird species to china and their distribution [J]. *Acta Zoologica Sinica*, **48** (5): 599-610. [雷富民，卢建利，刘 耀，屈延华，尹祚华. 2002. 中国鸟类特有种及其分布格局. 动物学报，**48** (5): 599-610.]

Li DM, Sun LH, Gao SP, Wu YF. 2004. Galliformes distribution in Hebei Province based on RS and GIS techniques [J]. *Zool Res*, **25** (4): 304-310. [李东明，孙立汉，高士平，吴跃峰. 2004. 基于RS和GIS技术的河北省鸡形目鸟类分布格局. 动物学研究，**25** (4): 304-310.]

Liu CM, Lian ZM. 2004. Quantitative classification and similarity coefficients of grasshopper community on the southern slope of Taibai mountain of Qinling [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, **19** (1): 85-88. [刘缠民，廉振民. 2004. 太白山南坡蝗虫群落数量分类及相似性分析. 西北林学院学报，**19** (1): 85-88.]

Liu XY. 2003. Grasshopper distribution of different habitats in restoration ecosystem of Northern Shaanxi [J]. *Journal of Shaanxi Normal University* (*Natural Science Edition*), **31** (s2): 41-45. [刘晓英. 2003. 陕北恢复生态系统中的不同生境蝗总科昆虫分布研究. 陕西师范大学学报（自然科学版)，**31** (s2): 41-45.]

Nie SR. 1980. Physical geography of Shaanxi [M]. Shaanxi People's Publishing House, 1-411. [聂树人. 1980. 陕西自然地理. 陕西人民出版社，1-411.]

Pan JH, Liu CH, Zeng YJ. 1985. A preliminary study on the distributional grouping districts of Chinese amphibians and reptiles [J]. *Acta Herpetol Sinica*, **4** (3): 195-199. [潘炯华，刘成汉，曾泳君. 1985. 中国两栖爬行动物分布聚类区的初步探讨. 两栖爬行动物学报，**4** (3): 195-199.]

Xie Y, Li DM, John M. 2002. Preliminary researches on Bio-Geographical Division of China [J]. *Acta ecologica Sinica*, **22** (10): 1599-1615. [解 焱，李典谟，John M. 2002. 中国生物地理区划研究. 生态学报，**22** (10): 1599-1615.]

Xu SQ, Zheng ZM, Li HH. 2004. Cluster analysis on the distribution patterns of grasshopper in Ningxia [J]. *Zoological Research*, **25** (2): 96-104. [许升全，郑哲民，李后魂. 2004. 宁夏蝗虫地理分布格局的聚类分析. 动物学研究，**25** (2): 96-104.]

Yin H, Xu SQ, Lian ZM. 2003. Progress of studies on zoogeographical division in Shaanxi [J]. *Journal of Shaanxi Normal University* (*Natural Science Edition*), **31** (s2): 64-68. [阴 环，许升全，廉振民. 2003. 陕西动物地理区划研究进展. 陕西师范大学学报（自然科学版)，**31** (s2): 64-68.]

Zheng D, Fu XF. 1999. A preliminary study on issues of integrated geographical regionalization [J]. *Scientia Geographica Sinica*, **19** (3): 193-197. [郑 度，傅小锋. 1999. 关于综合地理区划若干问题的探讨. 地理科学，**19** (3): 193-197.]

Zheng ZM. 1985. Grasshopper of Yunnan, Guizhou, Sichuan, Shaanxi and Ningxia [M]. Beijing: Sciences Press, 1-406. [郑哲民. 1985. 云贵川陕宁地区的蝗虫. 北京：科学出版社，1-406.]

Zheng ZM. 1996. Two new species grasshopper from Shaanxi and Ningxia (Orthopera: Acridoidea) [J]. *Journal of Hubei University* (*Natural Science*), **18** (3): 298-301. [郑哲民. 1996. 陕宁地区蝗虫两新种（直翅目：蝗总科). 湖北大学出版社（自然科学版)，**18** (3): 298-301.]

Zheng ZM, Xu WX. 1990. Grasshopper of Shaanxi [M]. Xi'an: Publish House of Shaanxi Normal University, 1-219. [郑哲民，许文贤. 1990. 陕西蝗虫. 西安：陕西师范大学出版社，1-219.]

Zhou LZ, Ma Y, Li DQ. 2000. Distribution of great gerbil (*Rhombomys opimus*) in China [J]. *Acta Zoologica Sinica*, **46** (2): 130-137. [周立志，马 勇，李迪强. 2000. 大沙鼠在中国的分布. 动物学报，**46** (2): 130-137.]

Zhou LZ, Ma Y, Ye XT. 2002. Distribution of glires in arid regions of China [J]. *Acta Zoologica Sinica*, **48** (2): 183-194. [周立志，马 勇，叶晓提. 2002. 中国干旱地区啮齿动物物种分布的区域分异. 动物学报，**48** (2): 183-194.]